

Étude phénoménologique des transferts de chaleur et de masse (ébullition, évaporation, désorption) à basse pression dans un procédé de séchage

Thèse sous convention CIFRE, sous contrat avec un partenaire industriel

Localisation :

Centre d'Énergétique et de Thermique de Lyon (CETHIL)
UMR 5008 CNRS, INSA de Lyon, Université Claude-Bernard Lyon 1

Mots clés : Transition de phase liquide-vapeur, basse pression, eau, cinétique de transfert

Sujet de thèse :

Contexte

Dans un procédé industriel ayant pour objectif le stockage et le transport de matières dangereuses, il est d'usage de mettre en œuvre une procédure de séchage de l'emballage afin d'éviter les risques liés à la présence d'eau résiduelle, même en quantité faible : formation de H_2 par radiolyse, corrosion, montée en pression par vaporisation.

Après le chargement des matières dans l'emballage en immersion dans une piscine, l'opération de séchage commence par la vidange de l'eau contenue dans l'emballage. Ensuite, la cavité de l'emballage est mise au vide primaire entre 7-10 mbar pendant 3 h. Enfin, une fois sèche, la cavité est remplie d'hélium entre 0,3 et 0,8 bar pour assurer un bon confinement. Lors de la mise au vide, la chute de pression provoque la vaporisation de l'eau résiduelle. A ces faibles pressions, les phénomènes de transfert de chaleur et de masse (ébullition, évaporation, désorption) sont mal connus.

Objectifs

L'objectif de cette thèse est de parvenir à observer, comprendre et quantifier les phénomènes de transfert de chaleur et de masse dans des conditions similaires à celles des procédés de séchage des emballages envisagés. Au-delà des avancées académiques dans la compréhension des phénomènes mis en jeu, ces travaux devront notamment permettre d'apporter des premières réponses aux questionnements industriels suivants : quels paramètres influencent le plus ces phénomènes ? Peut-on jouer sur ces paramètres pour intensifier ces phénomènes et donc optimiser le séchage ? Quel indicateur de fin de séchage choisir ?

Pour ce faire, le travail de thèse envisagé combinera à la fois une approche expérimentale et une approche numérique.

L'étude expérimentale, réalisée sur un montage spécifique à échelle réduite, devra permettre d'identifier les phénomènes physiques en présence et de quantifier leur prépondérance respective. Les principales étapes seront :

- La caractérisation des régimes d'ébullition mis en jeu pendant les phases de tirage au vide et de remontée de pression (étude par caméra rapide).
- La mesure ou estimation des coefficients de cinétique pour l'évaporation ou la désorption et leur relation avec les transferts de chaleur.
- La détermination de l'influence respective des paramètres ambiants (pression dans la cavité, température du liquide, température du gaz, humidité du gaz, géométrie des éléments à sécher et des paramètres de surface sur les transferts de chaleur et de masse.

En parallèle, il s'agira de contribuer au développement d'un modèle de simulation numérique du procédé de séchage intégrant les principaux phénomènes physiques et paramètres mis en jeu dans le procédé. Il permettra de prédire le temps de séchage et la quantité d'eau restante dans la cavité à la fin des opérations.

Prérequis : Connaissances dans le domaine des transferts thermiques, de la mécanique des fluides et du changement de phase.

Encadrement de la thèse :

Jocelyn Bonjour Professeur (jocelyn.bonjour@insa-lyon.fr)
Serge Cioulachtjian Maître de Conférences